天行见物理之一 太初有道

李轻舟†
(《大学科普》编辑部　重庆　401331)

2018－12－23收到
† email：shalloplee@sina.com
DOI：10.7693/wl20190108

In principio erat Verbum (Logos)......
太初有道……
——《新约·约翰福音》

受命而王

汉元封七年(公元前104年)，对帝国的最高统治者汉武帝来说，这一年貌似乏善可陈：凿空西域、北逐匈奴、南兼夷越、东并朝鲜、封禅泰山……煌煌功业，俱为往昔荣光。要去远征大宛的贰师将军李广利尚未出兵，唯一能留诸后世的莫非只有建章新宫神明台上的铜仙承露盘？

也就在这一年，“公羊经学”巨擘董仲舒在茂陵家中病逝。作为汉帝国意识形态的缔造者，他的身后留下了垂宪汉家的整套“话语”(Verbum/Logos)——正是这套“话语”维系着“天”与“人”、“君”与“臣”之间的微妙平衡。

何以谓之“王正月”？曰：王者必受命而后王，王者必改正朔，易服色，制礼乐，一统于天下，所以明易姓非继人，通以己受之于天也。王者受命而王，制此月以应变，故作科以奉天地，故谓之“王正月”也。

——《春秋繁露·三代改制质文》

彼时，汉室肇基已逾百年(自刘邦封汉王始)，如日中天。汉武帝的雄心不再满足于现世天下的九五之尊，遂步秦皇后尘，逐渐堕入形而上的迷梦，一面忙于求仙长生罔顾黎民社稷，一面又急于昭示海内自己“受命而王”……

敬授民时

(帝尧)乃命羲和，钦若昊天，历象日月星辰，敬授民时。

——《今文尚书·尧典》

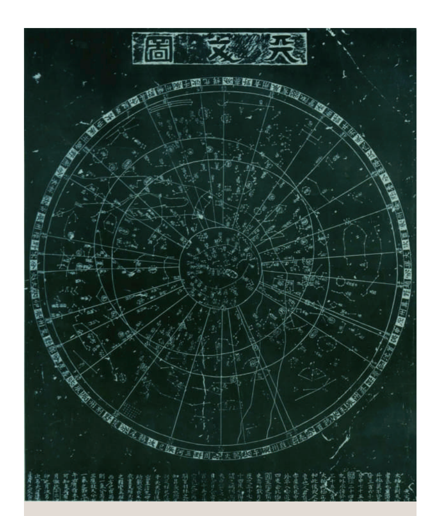
所谓“敬授民时”，就是君主向万民颁布历法，以明四时更替有序。华夏自古以农事立国，在儒家的观念中，上古先王“躬稼而有天下”(《论语·宪问》)。故而历法之于君主和万民有形而下与形而上两重意义：就形而下来论，君主颁行的“历法”即“农事之法”，就是为了指导万民进行农业生产；就形而上来说，君主颁行的“历法”关乎“政统之法”(即政权合法性)，既然以“天子”自命，代天牧民行化，如果连天道运行的四时伦序都不能掌握，如何昭示海内自己“受命于天”？

为此，深谙此道的汉武帝在这一年接触了两拨人。先是方士出身的太中大夫公孙卿、壶遂联合太史令司马迁上奏“历纪坏废，宜改正朔”(《汉书·律历志》)。随后，武帝就此事下诏询问位列三公的儒臣——御史大夫兒宽，兒宽与众博士商议后上奏“帝王必改正朔，易服色，所以明受命于天也。创业变改，制不相复，推传序文，则今夏时也”(同上)。

“改正朔，易服色”——这样的



霍去病墓“马踏匈奴”石雕(复制件，作者摄于陕西历史博物馆)


划分周天的十二次与十二辰(苏州石刻天文图，南宋黄裳绘制，公元1247年刻石)


明代圭表(复制件，作者摄于北京古观象台)

建议，于汉室，不是第一次。早在汉文帝一朝，就有大文豪贾谊、方士公孙臣和新垣平先后倡言，而文帝“谦让未遑”。武帝初立，推行“建元革新”(公元前140年)，儒臣赵绾、王臧等也有此议，终为奉行黄老之术的太皇太后窦氏(当时实际的主政者)扼杀……

改历易服

“正”为“正月”，即一年之始月；“朔”为“朔旦”，即一月之始日。“正朔”合用，狭义上即指一年第一月的第一天，而广义上则可作历法的同义语。“服色”之说源于先秦阴阳家邹衍的五德终始理论。秦始皇以周德火，秦取代了周，取水克火之意，故当德水，服色尚黑。而历法自然就要用冠名五帝之一的《颛顼历》，因为按阴阳家的理论，传说中的颛顼亦德水(所以也叫“黑帝”或“玄帝”)。

汉初承续秦制，“正朔”与“服色”都沿袭秦朝旧制。持这种立场的代表是曾为秦“柱下史”的开国功臣张苍(文帝时为丞相)，作为一个明习天文历算的大学者(张苍出大儒荀子门下)，竟然反对贾谊等人改历易服(德土而服色尚黄)的主张，却坚持这种既不开新朝气象又不合天文实际的前朝旧历，令他的同行晚辈司马迁亦感费解。

数十年的争讼终于在元封七年画上了句号。汉武帝下诏改元太初，命公孙卿、壶遂、司马迁等人为汉家造新历——《太初历》。

六历纷繁

到汉朝初年，除沿袭的秦朝《颛顼历》外，大致还有所谓的《黄帝历》《夏历》《殷历》《周历》《鲁历》得以传续，合称古六历。这些历法未必如其冠名，很可能是先秦阴阳家等学派托伪所作。据后世史家和天文历算家的推测，古六历皆属“四分历”，区别在于历法的推算起点(历元或上元)与岁首。

斗柄东指，天下皆春。斗柄南指，天下皆夏。斗柄西指，天下皆秋。斗柄北指，天下皆冬。

——《鹖冠子·环流》

不论何种历法，不论是纪年、纪月还是纪日，在物理上就是一个计量时间的问题，首先要解决的是找到合适的时标(timing mark)，它既要有较好的周期性，也要便于观测。比如春秋战国盛行的岁星纪年，即以岁星(木星)约十二年运行一周天(相对于远处恒星背景)为依据，将周天(先沿天赤道，后发展为沿黄道)等分为十二次，自西向东分别为：星纪、玄枵、娵訾、降娄、大梁、实沈、鹑首、鹑火、鹑尾、寿星、大火和析木。这便有了《国语·周语》中“武王伐殷，岁在鹑火”(即岁星在鹑火之次)之类的说法。而黎民农事更关心的是一年中春夏秋冬四时，这就要依赖斗建，即北斗斗柄的指向，据此又将周天(沿天赤道)分为十二辰，与地平面的十二地支方位对应，自东向西分别为：子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌和亥。[1，2] 由此便可协调四时与月份。比如夏正建寅、殷正建丑、周正建子而秦正建亥，就是说《夏历》以斗柄指寅为岁首的正月(朔，下略)，那么按“夏正”，《殷历》以十二月为岁首，《周历》以十一月为岁首，而秦朝的《颛顼历》以十月为岁首。至于一月中的时间，自然就要用到月相的变化(实际是日月相对位置决定的)，周初的金文中便有“初吉”(朔)、“生霸”(生魄)、“既望”和“死霸”(死魄)的说法。[3]

一套历法体系不会只取决于单一的时标，作为阴阳合历，至少要有两个重要的参数，其一是以太阳运动为时标的回归年(观测方法是立圭表测日影长短的变化)，其二是以月相变化为时标的朔望月。但是，地、月、日之间的运动(以地球为参照即日月视运动)是不均匀的，两个时标之间没有简单的公度关系。就此而论，编定历法就是协调不同时标的周期性——古希腊的几何体系偏重空间周期性，而古中国的算术体系偏重时间周期性。

古六历皆属“四分历”，所谓

“四分”就是指它们的回归年都取 $365\frac{1}{4}$ 日，而朔望月都取 $29\frac{499}{940}$ 日。12个朔望月比一个回归年少10到11天，三年左右偏差就会超过一个月。这就需要“置闰”，《说文解字》上讲“闰，余分之月，五岁再闰。告朔之礼，天子居宗庙，闰月居门中。从王在门中”，也就是说以置闰月来纠正这个偏差是天子的职责。先秦“四分历”的置闰法取19个回归年与235(=19×12+7)个朔望月相等，即十九年七闰法——这就是天文学中的“默冬周期”(Metonic cycle)，得名于古希腊天文学家默冬(Μέτων)。

虽然有置闰法来纠正偏差，但“四分历”，具体到太初改历的背景就是《颛顼历》，其回归年和朔望月仍皆大于更精确的现代取值。那么长期使用(至少从秦朝到太初改历之前)带来的误差积累势必会发展到不能容忍的地步，乃至“晦朔月见，弦望满亏，多非是”(《汉书·律历志》)——这大概就是司马迁等人在上奏中说的“历纪坏废”，也是“公羊经学”那套神秘主义的话语体系下隐藏的实实在在的改历动因。

畴人制历

幽历之后，周室衰，陪臣执政，史不记时，君不告朔，故畴人子弟分散，或在诸夏，或在夷狄，是以其禨祥废而不统。

——《史记·历书》

先期组建的改历团队“不能为算”，于是朝廷又自官方和民间招募治历者共二十余人。在这些参与改历的“畴人”中，邓平、方士唐都(司马迁的父亲太史令司马谈曾“学天官于唐都”)和巴郡隐士落下闳三人扮演了最重要的角色。他们所造新历优于其余17家历法，最终于太初元年夏五月颁行天下。

今日所见之《太初历》，实乃西汉末年刘歆增补而成的《三统历》，载于东汉班固的《汉书·律历志》，是中国历史上第一部有完整文字记录的历法。除了天文学上的成就(测定五星会合周期与以135个月为交食周期)外[4]，《太初历》之革新主要有两点：其一，恢复夏正，以建寅月为岁首；其二，废《颛顼历》的岁终置闰，保留十九年七闰法，纳入“二十四节气”，以无中气月置闰。“二十四节气”是十二节气与十二中气的合称，大致起源于先秦，是对回归年(对应于太阳在黄道上的运动)的二十四等分，依次为立春、雨水、惊蛰、春分、清明、谷雨、立夏、小满、芒种、夏至、小暑、大暑、立秋、处暑、白露、秋分、寒露、霜降、立冬、小雪、大雪、冬至、小寒和大寒。其中奇数项为节气，偶数项为中气。如前文所述，12个朔望月小于一个回归年，则一个朔望月小于两个节气的时间间隔，这就可能出现一个月只有一个节气或一个中气的情况。《太初历》便以没有中气的月份为闰月。以建寅月为岁首和以无中气月置闰，更好地协调了日月时标的周期性，尤使月份与四时相匹配，颇利农事。

不同于过去的“四分历”，《太初历》属于“八十一分律历”(“八十一”这个数缘于“以律起历”，开启了两汉以来乐律与历法附会的形上学传统)，其朔望月取 $29\frac{43}{81}$ 日，据十九年七闰法可得回归年为 $365\frac{385}{1539}$ 日。也就是说，《太初历》的两个重要参数都大于《颛顼历》的，与现代值的偏差也更大，故长期的误差累积也不可小觑。承担了《太初历》运算重任的落下闳对这个隐忧的预见是“后八百岁，此历差一日，当有圣人定之”(《益部耆旧传》)，而实际上《太初历》每125年即差一日，颁行188年之后，东汉王朝就不得不改历了。

是非坚定?

汉昭帝元凤三年(公元前78年)，《太初历》在颁行27年之后，就迎来一次的大考验。时任太史令的张寿王突然发难，上书汉昭帝“今阴阳不调，宜更历之过也”(《汉书·律历志》)。汉昭帝很重视，下诏让主历使者鲜于妄人与之诘问，张寿王不服。于是鲜于妄人建议朝廷组织天象实测来校验，获得了汉昭帝的批准。自元凤三年十一月朔旦到元凤五年十二月，汉庭在上林苑的清台(灵台)校验了十一家历法，排列次序。张寿王所治《殷历》误差很大。到元凤六年，又校验了一次，还是《太初历》第一，而张寿王仍不罢休，屡遭弹劾，最终下狱。经此事之后，“自汉



落下闳与浑仪塑像(作者摄于四川阆中锦屏山)

历(《太初历》)初起，尽元凤六年，三十六岁(事实上是三十年)，而是非坚定”(同上)。

在这场历时三年的历法之争中，张寿王的固执和汉昭帝的重视都颇值得玩味。张寿王的“固执”或可理解为，由于“四分历”本身的参数优势，支持并传续古历(比如通过调整历元)的势力仍然强大。但汉昭帝的“重视”未必完全是从形而下的角度出发，那么贵为天子的他到底在担心什么？要弄明白这一点，需要回到张寿王上书中的四个字——“阴阳不调”。

国家将有失道之败，而天乃先出灾害以谴告之；不知自省，又出怪异以警惧之；尚不知变，而伤败乃至。

——《天人三策》

在董仲舒留下的话语体系中，这四个字对应于上天警示君主的“灾异”——就在元凤三年春正月，“泰山莱芜山南匈匈有数千人声，民视之，有大石自立，高丈五尺，大四十八围，入地深八尺，三石为足。石立后有白鸟数千下集其旁。是时昌邑有枯社木卧复生，又上林苑中大柳树断枯卧地，亦自立生，有虫食树叶成文字，曰‘公孙病已立’”(《汉书·眭两夏侯京翼李传》)。董仲舒的门人、担任符节令的儒生眭弘给汉昭帝上了一封匪夷所思的奏疏，他将这些“灾异”理解为民间有“故废之家公孙氏当复兴者也”(同上)，进而建议汉昭帝顺应天命，禅位让贤……

归根结底，所谓“灾异”不过是维持君臣微妙平衡的一种手段。其中的神秘主义色彩，如果不是事后神话，那肯定就是事前造势——几乎所有人都能看出，这些“灾异”指向了汉室继承危机(即卫太子与钩弋子的储位之争)，而危机的种子在武帝晚年的“巫蛊之祸”时(公元前91年)就埋下了。昭帝朝秉政的大将军霍光毫不犹豫地诛杀了妖言惑众的眭弘。五年后，那个流落民间的皇曾孙刘病已(卫太子刘据之孙)登基，即汉宣帝，征召眭弘的儿子为郎官。

史书没有记下汉昭帝对这场风波的反应，但从事后他对校验汉历的重视程度来看，他对“阴阳不调”背后的政治暗流不可能毫无察觉。而我等亦可从元凤三年这两场不大不小的风波中窥见，中国传统历法如何在现实功用与神秘话语的张力下曲折发展。

参考文献

[1] 郭沫若著作编辑出版委员会. 郭沫若全集·第一卷·考古编. 北京：科学出版社，1982. 155-342

[2] 吴宇虹. 巴比伦天文学的黄道十二宫和中华天文学的十二辰之各自起源. 世界历史，2009，(3)：115

[3] (日)薮内清. 殷暦に関する二、三の問題. 東洋史研究，1956，15(2)：235

[4] 中国大百科全书总编辑委员会《天文学》编辑委员会. 中国大百科全书·天文学. 北京：中国大百科全书出版社，1980. 565

电子的鬼成像

鬼成像是一种使用可见光和X光的灵敏的成像技术，人们利用电子也实现了鬼成像。

“鬼成像”这个名字可能会让人联想起那些呈现着若隐若现、毛骨悚然的鬼怪的照片，但它实际上是一种复杂的成像方法，与传统的成像方法有明显差别。迄今为止，鬼成像使用可见光、X射线，甚至氦原子作为照明源。现在，研究人员展示了电子的鬼成像装置。与标准电子成像相比，这种方法可以减少采样时间和样品上的辐射剂量，这对于容易被辐射损坏的样品(如生物分子)非常重要。

传统的鬼成像是通过关联“参考”光束的空间轮廓与“信号”光束的强度来构建物体的图像。信号光束从物体反射或透射，然后到达单像素探测器。其关键之处在于信号光可以包含比参考光少得多的光子，从而避免损坏样品。

通常，参考光束和信号光束是通过光分束而产生的。电子鬼成像的挑战在于没有分束元件可以工作在成像时那种电子能量条件下。因此，加利福尼亚州SLAC国家加速器实验室的Siqi Li及其同事采用了一种系统，该系统用计算来代替参考光束，通过将入射电子束数字化而获得。随后将计算的参考图案与由单像素检测器测量的强度相关联。使用此设置，团队成功地重建了放置在信号光束路径中的金属环的图像。作者提出此方法可以用于其他照明类型，有可能将鬼成像扩展到离子、等离子体和中子。

(王树峰 编译自*Physics*，September 11, 2018)